الحالة الغازية (n, T, P, V)

$$\overset{\leftarrow atm}{P}\ \overset{l}{V} = \overset{mol}{n}\ \overset{0{,}082\ l\,atm\,mol^{-1}K^{-1}}{R}\ T \rightarrow K$$

وحدات دولية ← Pa ، m^3 ، mol ، $8{,}314\ J\,mol^{-1}K^{-1}$

$$1atm = 1{,}01325 \times 10^5\ Pa$$

$$m^3 = 10^{+3}\ l$$

* الشرطين النظاميين: $(P = 1atm,\ t = 0°)$
* الشرطين المعياريين: $(P = 1atm,\ t = 25°)$

ملاحظة: عند انتقال الغاز في اسطوانة مجهزة بمكبس من الشرطين النظاميين إلى الشرطين المعياريين نقدم عمل إلى الوسط الخارجي.

---

* التفاعل العكوس واللاعكوس:

المحوّل العكوس: هو التحول الترمو ديناميكي الذي يجري ببطء شديد والذي يكون فيها الضغط الخارجي يساوي ضغط الجملة.

وأيضاً: يكون فيها عمل التمدد أعظمي ويساوي عمل الانضغاط

وأيضاً: هي الجملة التي يمكن أن نعكس حركتها بتأثير قوة عنصرية (صغيرة).

تابع العمل W (العمل الميكانيكي):

$$dW = F_{ex} \cdot dl$$

$$P_{ex} = \frac{F_{ex}}{S}$$

$$dW = P_{ex} \cdot S \cdot dl$$

$$\boxed{dW = -P_{ex} \cdot dV}$$

$dV = 0 \longleftrightarrow W = 0$

$dV > 0 \longleftrightarrow dW < 0$

$dV < 0 \longleftrightarrow dW > 0$

$$\int dw = -\int P_{ex}\, dV \quad ; P_{ex} = \text{const}$$

$$= -P_{ex} \int_{V_1}^{V_2} dV$$

$$\boxed{w = -P_{ex} [V_2 - V_1]}$$

مثال: احسب العمل الناتج عن تمدد غاز من 10 l إلى 20 l ضد ضغط خارجي ثابت $P_{ex} = 2 atm$ ؟

الحل:

$$w = -2atm (20-10) l$$

$$= -20\, l.atm$$

$$= -2000 J$$

أو

$$w = -2 \times 10^{+5} Pa (20-10) \times 10^{-3} m^3$$

$$= -2000 J$$

تعريف الطاقة الداخلية U: هي مجموع كل أنواع الطاقة الممكنة داخل المادة من الحرارية ودورانية انتقالية ... لعدد هائل من الجسيمات الأولية المكونة لهذا الجسم. لا يمكن معرفة القيمة المطلقة للطاقة الداخلية إنما فقط تغيرها

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

* ملاحظة: إن تغير الطاقة الداخلية هو تابع حالة أي أن قيمته لا تتعلق بالطريقة المسلوك وإنما بالحالة الابتدائية والحالة النهائية للجملة المدروسة.

العمل العكوس في الحالات المختلفة

$$dW_{max} = -P \cdot dV$$

1) الحجم ثابت:

$$dV = 0 \Longrightarrow W = 0$$

2) الضغط ثابت:

$$\int dW_{max} = -P \int_{V_1}^{V_2} dV = W_{max} = -P(V_2 - V_1)$$

$$W_P = -nR(T_2 - T_1)$$

3) عند درجة حرارة ثابتة:

$$W = -\int P \cdot dV$$

$$W = -nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} \cdot dV$$

$$W = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

بما أن درجة الحرارة ثابتة فحسب بويل وماريوط بأن ضغط كتلة معينة من الغاز يتناسب عكسياً مع الحجم بثبات درجة الحرارة.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} \qquad (n, T) = const$$

$$W = -nRT \ln \left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

$$W = -2{,}303\, nRT \log \frac{P_1}{P_2}$$

٤) عند ضغط ودرجة حرارة ثابتة (تفاعل كيميائي) (التحولات الطورية):

$$W = -P \int_{V_1}^{V_2} dV = -P(V_2 - V_1)$$

$$\boxed{W = -\Delta n RT}$$

مثال: احسب العمل الناتج من التفاعل التالي وبشكل عكوس وذلك عند درجة $T = 7°$ والضغط $1 atm$ ؟

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

الحل

إن العمل بالنسبة للتفاعل السابق $W = 0$

لأن Δn تساوي الصفر $\Delta n = n_2 - n_1 = 0$

مثال: احسب العمل الناتج من تفاعل $1 mol$ من محلول كلور الماء وذلك في الشرطين المعياريين ؟

الحل:

$$\frac{1}{2} Zn_{(s)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow \frac{1}{2} ZnCl_{2(aq)} + \frac{1}{2} H_2O_{(g)}$$

$$\Delta n = \frac{1}{2}$$

$$W = -\left(\frac{1}{2}\right)(8,314) \times (298)$$

$$= -1238,7 \text{ J}$$

في طريقة ثانية

$$\Delta V = \frac{1}{2} V$$

$$P \cdot V = nRT$$

$$1\,atm \cdot V = 1\,mol \times 0{,}082\ atm\,l\,mol^{-1}K^{-1} \times 289\,K$$

$$V = 24{,}45\ l$$

$$W = -P\left(\frac{1}{2}V\right)$$

$$W = -10^{+5}\left(\frac{1}{2} \times 24{,}45\right) \times 10^{-3}$$

$$W = -1222\ J$$

مثال احسب العمل الناتج عن تمدد 3mol من غاز إلى عشرة أضعاف حجم الابتدائي في اسطوانة عند درجة حرارة ثابتة 100°C.

الحل

$$W = -2{,}303\,nRT \log \frac{V_2}{V_1}$$

$$= -2{,}303 \times 3\,mol \times 8{,}34\ J\,mol^{-1}K^{-1} \times 373\,K \log_{10} \frac{10V_0}{V_0}$$

$$= -21422{,}6\ J$$